

レーザーと画像処理による路面積雪状況測定システムの 実用化のための研究)

A Study for Practical Realization of Road Surface Snow Condition Monitor Based on Line Laser and Image Processing Technique

羽賀秀樹¹, 石丸民之永¹, 高田英治², 小林俊一^{1,3}, 丸山敏介¹, 佐藤篤司⁴
Hideki Haga¹, Taminoei Ishimaru¹, Eiji Takada², Shunichi Kobayashi^{1,3}, Toshiyuki Maruyama¹ and Atsushi Sato⁴

¹新潟電機株式会社

¹Niigata Electric Co.,LTD

²富山高等専門学校

²Toyama National College of Technology

³新潟大学

⁴Niigata University

⁴防災科学技術研究所

⁵National Research Institute for Earth Science and Disaster Prevention

1. はじめに

ライン状のレーザーを路面上に照射しカメラで測定したレーザー光像を処理することで、平均積雪深に加え路面の凹凸状況も自動的に測定可能なシステムについて検討を行っている。これまでに実験用道路に沿った高さ5mの位置に設置したシステムによって平均積雪深や凹凸状況が測定可能であることを示したが、可視光を用いていたため周囲光の影響を受けやすく、明るい時間帯の測定が難しいという問題点があった。そこで光源に近赤外レーザーを用い、周囲光の影響を受けにくくしたシステムを構築し、測定可能な時間帯の拡大やノイズ除去性能の向上を図った結果について報告する。

2. 測定システム

ここで開発対象としている測定システムを図-1に示す。本システムにおいては、斜めから照射したラインレーザー光を上部に設置したカメラで撮影する。得られたレーザー光像に画像処理を施し、平均的な積雪深を測定する。また、路面に凹凸がある場合には測定される直線の形状が変化するので、画像処理によって凹凸の大きさを自動的に測定する。ここではレーザーとして785nmの近赤外LD(アルゴ社製, 90mW), カメラとしてアートレイ社製Artcam-130MIを用いた。

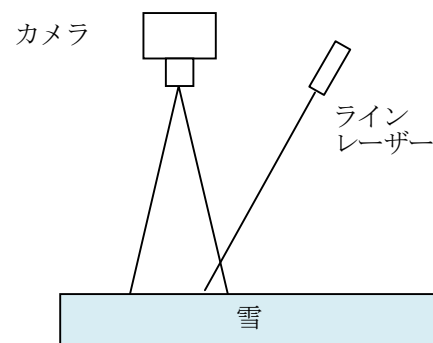


図-1 開発対象の測定システム

3. 実験内容

防災科学技術研究所雪氷防災研究センターの実験用道路において、近赤外光を用いるシステムによる実験を行った。測定に使用するカメラとレーザーは道路に沿った高さ5mの位置に設置した。晴天時の昼間に露光設定を変えて測定を行い、露光設定を適切に行うことで画像の飽和を防ぎ、レーザー光像が測定できるかどうかについて検討した。

また、レーザー光像をカメラで測定する本システムでは、周囲が明るいときレーザー光像が抽出できた場合でもレーザー光像以外のノイズが写りこむことがある。そこで、画像処理手法にハフ変換を適用し、ノイズの多い画像中から直線状のレーザー光像を抽出することを試みた。さらに

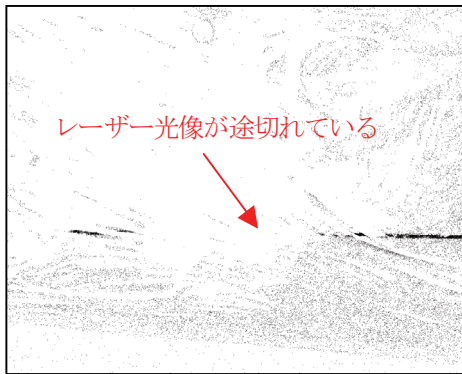
ハフ変換を行う前に膨張・収縮処理、細線化などの画像処理を施すことで、路面に凹凸が生じた場合に2つの直線(凹凸の上部と底に対応)を抽出できるかどうかについて検討を行った。

は抽出対象外とした。

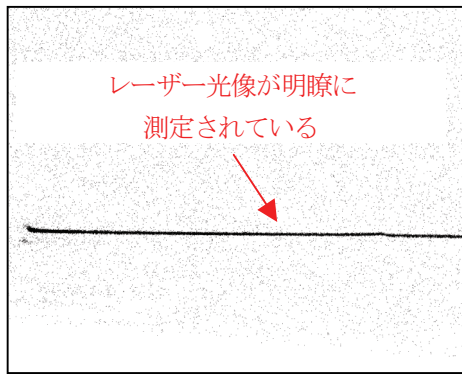
4. 実験結果

(1) 明るい時間帯における測定可能性

照度が約 80,000Lux であった時間帯において、カメラの露光設定を 550 とした場合と 300 とした場合の測定画像例を図-2 に示す。露光設定を 550 とした場合には周囲の明るさで画像が飽和し、レーザー光像が測定できていないのに対し、露光設定を 300 まで短くすることでレーザー光像が明瞭に測定できていることが分かる。従って、近赤外光を用いることで昼間でもレーザー光像を測定可能であることが確認できた。



(a) 露光設定を 550 とした場合



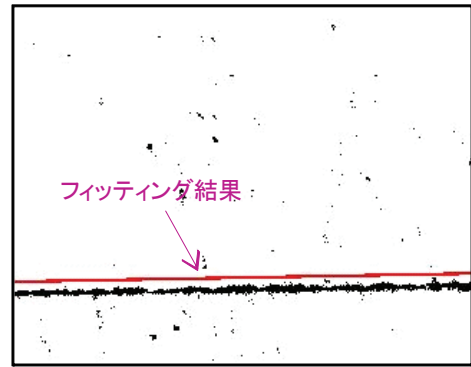
(b) 露光設定を 300 とした場合

図-2 露光時間を変化させた場合の昼間の測定結果

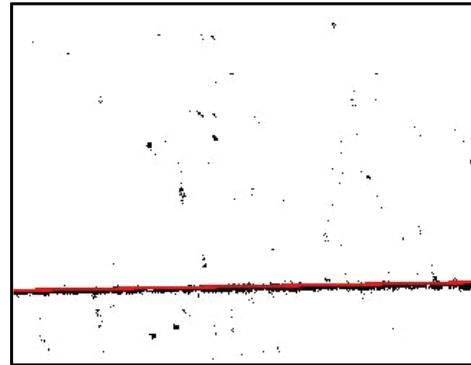
(2) ノイズ除去の可能性

図-2(a)は測定画像に対して最小二乗法を適用して直線を求めた結果である。この時、写りこんだノイズのために本来の直線の位置よりも少しずれた位置でフィッティング結果が得られている。一方、ハフ変換を適用すると図-1(b)が得られた。ノイズの写りこみにもかかわらず、ほぼ正確に直線が抽出できていることが分かる。

一方、レーザー以外の影が写りこんだ画像にハフ変換を施した結果を図-3 に示す。この場合には抽出される直線の傾きに制限を設け、レーザー光とは異なる傾きを示す直線

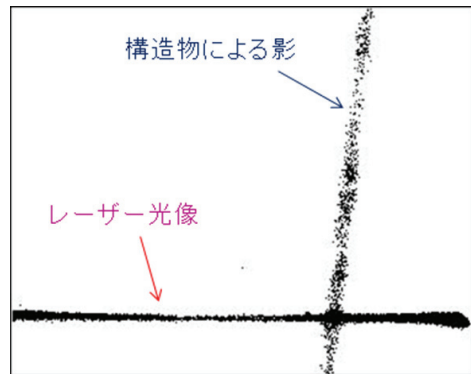


(a) 最小二乗法による直線抽出結果

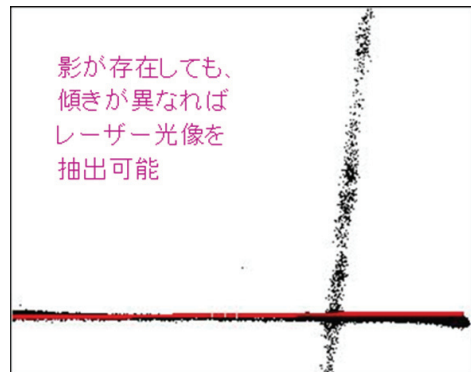


(b) ハフ変換による直線抽出結果

図-2 最小二乗法とハフ変換による直線抽出結果



(a) レーザー光像とともに構造物の影が写りこんだ画像の例



(b) 画像処理結果

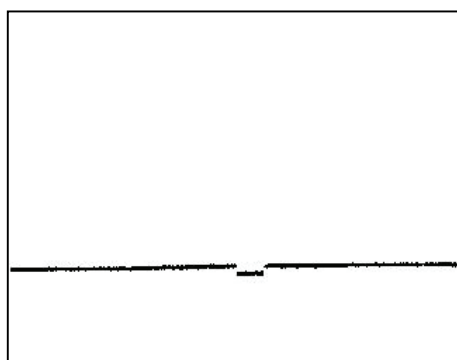
図-3 影が写りこんだ画像の処理例

(3) 凹凸抽出の可能性

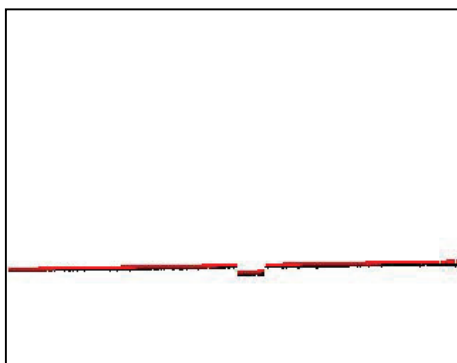
凹凸抽出にはハフ変換を用いた。ハフ変換は画像から直線を抽出する際に用いられる画像処理手法であり、例えばプリント基板からのパターン抽出などに用いられている。プリント基板のような画像の場合には直線が画像上で明瞭に細く測定されており、ハフ変換による直線抽出は非常に容易である。一方、積雪面にレーザー光を照射した今回の画像では、光の雪中への拡散によって抽出対象の直線自体の幅が広く測定されている。そのため凹凸画像のように片方の直線（凹凸の底に相当）がもう一方の直線（凹凸の上面に相当）に近く、しかも幅が小さい場合には、1度のハフ変換によって2本の直線を得ることは困難であった。そこで本研究では、次のような手順で2本の直線を抽出することを試みた。

- (a)元画像に1度目のハフ変換を施し、最も長い直線を抽出する。
- (b)(a)で抽出された直線を元画像上で考え、その直線状にあると考えられる画素を元画像上から削除する。
- (c)改めて2度目のハフ変換を実施し、2番目に長い直線（凹凸の底）を抽出する。

このような手順を経た抽出結果の一例を図-4に示す。幅5cm、深さ2cmの凹凸が明瞭に抽出できていることが分かる。複数の凹凸に対して処理を施したところ、深さ1cm以上、幅2.5cm以上の凹凸であれば、本手法によって抽出が可能であった。



(a) 元画像（幅：約5cm、深さ：約2cm）



(b) 2本の直線の抽出結果（赤線）

図-4 凹凸抽出結果の例

4. まとめと今後の課題

本研究によりラインレーザーと画像処理による路面積雪状況測定システムが昼夜を通じて適用可能である、との見通しが得られた。昼間の時間帯にはレーザー光像以外のノイズや影などが写りこむこともあり得るが、ハフ変換等の画像処理手法の適用により画像からレーザー光像を抽出することが可能である。また、積雪上のぼやけたレーザー光像でも、画像から凹凸を構成する2本の直線を抽出することが可能であることも示した。

今後は周囲の明るさに応じてカメラの露光時間やゲインなどを変化させ、常に最適化された条件で測定可能なシステムの構築を行う予定である。また、これまでの画像処理は画像撮影とは別に行ってきた。画像計測プログラムと画像処理プログラムを統合した上で、よりわかりやすいユーザーインターフェースを備えたソフトウェアの開発も必要である。

謝辞

本研究の一部は、社団法人雪センターTC 助成研究費により実施された。記して、御礼申し上げます。

参考文献

- (1) 高田英治、五十嵐貴之、石丸民之永、小林俊一、佐藤篤司、貴堂靖昭：「パターンレーザー画像の処理による積雪状況測定システムに関する研究」、寒地技術論文・報告集、Vol.23、pp.145-150(2007)。
- (2) 高田英治、石丸民之永、丸山敏介、佐藤篤司、小林俊一：「パターンレーザー画像の処理による積雪状況測定システムに関する研究 (2) —冬季屋外環境での長期測定—」、寒地技術論文・報告集、Vol.24、pp.403-406(2008)。
- (3) 高田英治：「レーザーと画像処理による路面積雪状況測定システムの開発」、第21回雪未みらい研究発表会論文集(2009)。
- (4) 青木靖、佐野弘：「統計的手法に基づく画像処理による路面積雪判定」、日本雪工学会、Vol.23、No.1 pp.3-12(2007)。
- (5) 齊藤歳也、魚住純：「2値化画像を用いた冬季舗装路面の状態判別」、電子情報通信学会北海道支部インターネットシンポジウム2004 (<http://www.hokkaido.ieice.org/symposium/pdf/session1/4-TSaito.pdf>) (2004)。
- (6) Muneo Yamada, Toshihiro Oshima, Koji Ueda, Isao Horiba, Shin Yamamoto：「A study of the road surface condition detection technique for deployment on a vehicle」, JSAE Review, Vol.24, pp.183-188 (2003)。
- (7) 佐藤幸三郎：「降雪・積雪センサー利用機器の現状等

について」、ゆき、No.25、pp.40-47(1996).

(8) 森井美佳、安尾浩行他：「高出力ファイバレーザを用いた路面状態判別センサ」、電気学会論文誌 D、Vol.120, No.10, pp.1198-1204(2000).